

Abstract : The backscatter coefficient is related to wind velocity estimate error. However, few backscatter coefficient measurement is reported in $2\mu\text{m}$ wavelength region. In this paper, we considered an availability of Kavaya's approximation for the backscatter coefficient.

1.はじめに 地球規模での風向・風速に関する情報は、単に数値気象予報精度の向上のみならず気候変動や地球温暖化を解明する上でも非常に重要である。コヒーレント・ドップラー・ライダー(以下 CDL と略す)は、風向・風速を測定するための手段として近年、大変注目を浴びており、研究開発が活発に行われている。

後方散乱係数 β の高度及び経緯度による不均一性は、システム性能を左右する大きな要因となるが、波長 $2\mu\text{m}$ 領域における後方散乱係数の観測値はほとんど存在しない。我々は Kavaya らが提案した波長 $2\mu\text{m}$ 領域における後方散乱係数の近似式の有効性を確かめることを目的として、近似式から算出した風速測定誤差 δv の理論値と観測データより算出した風速測定誤差との比較・検討を行ってきた。^{[1][2]} 本文は、波長 $2\mu\text{m}$ 領域における後方散乱係数 β の検討結果について報告する。

2.解析手法 GLOBE(Global Backscatter Experiment. 1990-1991)により得られたデータをもとに Kavaya らが提案した^[3]波長 $2\mu\text{m}$ 領域での後方散乱係数 β の近似式を以下に示す。

$$\log_{10} \beta(R) = 3.521 \exp(-R/4967) - 9.455 \quad \dots(1)$$

ここで、 R は高度、 $\beta(R)$ は各高度に対する後方散乱係数である。また、CDL に対する SNR(Signal to Noise Ratio)は、ショット雑音制限の検出系ではこの $\beta(R)$ に強く依存している。そして、CDL の風速測定誤差 δv と SNR の関係式は、次のように与えられる。

$$\delta v = \frac{\lambda}{4\pi} \left(\frac{f_s}{2NLt} \right)^{1/2} \left(2\pi^{3/2}W + \frac{16\pi^2W^2}{SNR} + \frac{1}{SNR^2} \right)^{1/2}, \quad W = \frac{1}{V_{Ny}} (V_{bw}^2 + V_{atm}^2)^{1/2} \quad \dots(2)$$

ここで、 f_s [Hz] はサンプリング周波数、 V_{bw} [m/s] は送信光スペクトルの速度表示、 V_{atm} [m/s] 受信光スペクトル幅の速度表示、 V_{Ny} [m/s] はナイキスト速度、 λ [m] はレーザーの波長、 N はショット数、 t [s] は送信パルス幅、 L は距離分解能とパルス幅の比である。一方、光軸方向における風の成分 V_{LOS} と大気風ベクトルの空間 3 成分との関係は以下のようなになる。

$$V_{LOS} = V_{EW} \sin\theta \cdot \cos\phi + V_{NS} \cos\theta \cdot \cos\phi + V_Z \sin\phi \quad \dots(3)$$

ここで、 V_{EW} は東から西に吹く風の成分、 V_{NS} は北から南に吹く風の成分、 ϕ は送信レーザー光の仰角、 θ は北から時計方向に回ったスキャニング角であり、Fig.1 に各パラメータの関係を示す。

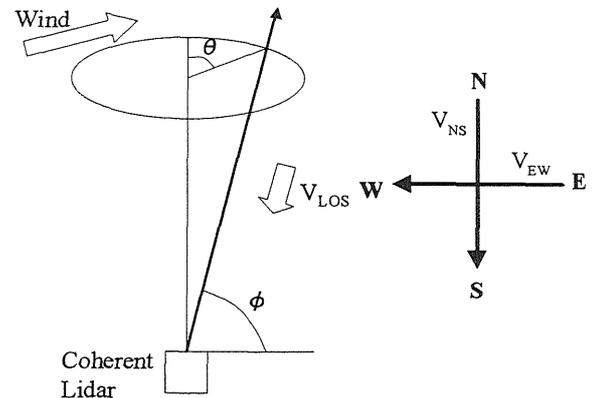


Fig.1 Schematic of angular configuration.

3.解析結果 風に乗って移動しているエアロゾルからの散乱光のドップラー周波数解析は、FFT を用いて行われた。Fig.2 に平均ショット数を 10 とした時の各高度に対する風速測定誤差 δv の理論値と観測値を示す。

Fig.3 は、 $\phi = 8[\text{deg}]$ に対する VAD 観測結果である。

図より、観測値は垂直成分 $V_Z=0$ として求めた V_{LOS} の理論値曲線とはほぼフィットすることから、観測に用いたライダーシステムは正常に動作していると言える。従って、Fig.2 に示す結果は、信頼できるものであることが確認できた。

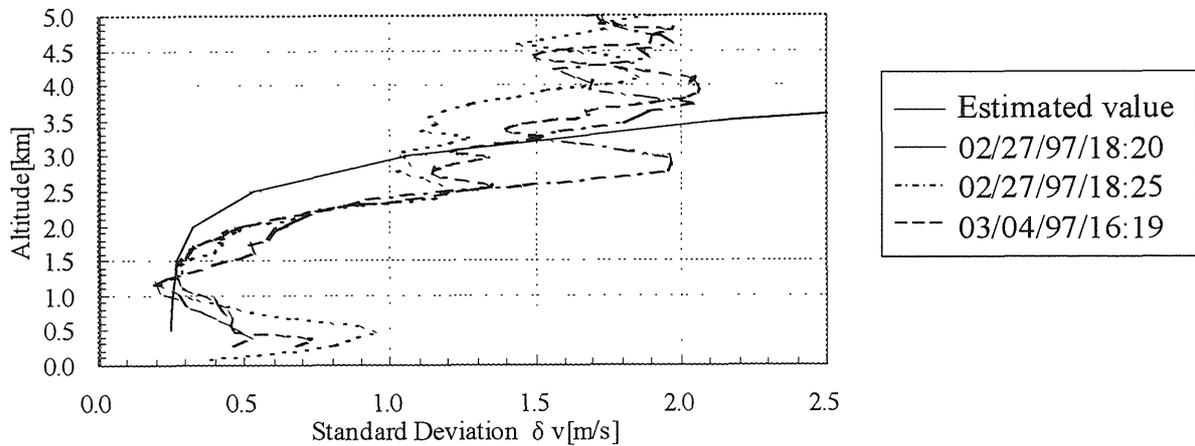


Fig.2 Comparison estimated value with experimental value.

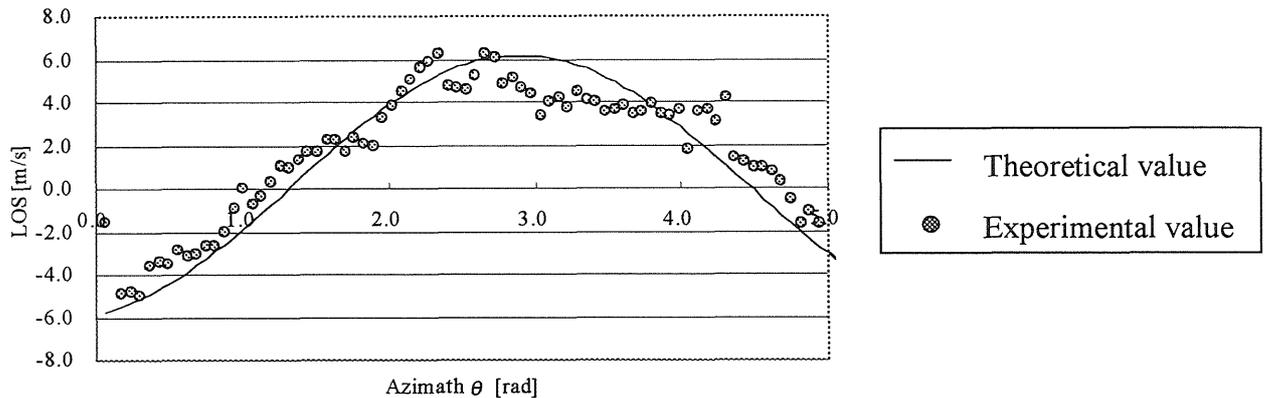


Fig.3 VAD for the lidar system used in measurements.

Fig.4 は、式(1)より求めた $\beta(R)$ と実測値 δv より算出した後方散乱係数の値を示す。Fig.4 より SNR が 1 以上の領域(高度約 2.7km 以下)において、実際の中緯度における後方散乱係数 β は、Kavaya らが提案する近似式の値よりも若干低いことが確認できた。なお、0~1.2[km]の $\beta(R)$ が大幅に小さくなるように見えるのは、地上付近での風向が建物などの影響で一様でないために生じたものと推測する。

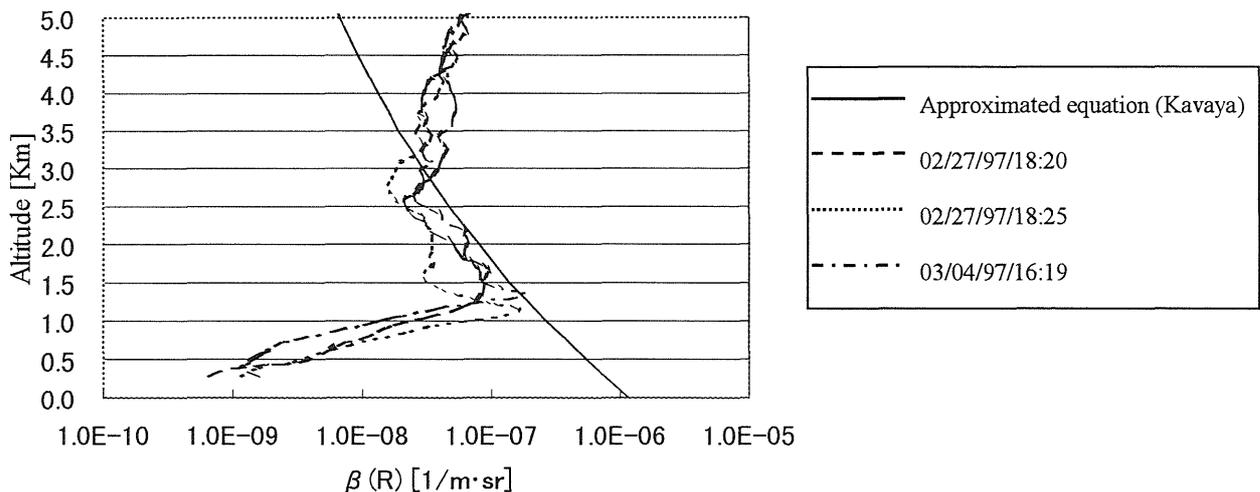


Fig.4 Comparison theoretical value with experimental value.

参考文献：[1]田上,星,浅井,板部：第5回大気ライダー観測研究会予稿 Jan.1998

[2]田上,星,浅井,板部：第45回応用物理学学会講演予稿集 29p-V-16 Mar.1998

[3] M.J.Kavaya et al. "Monte Carlo computer simulations of ground-based and space-based coherent DIAL water vapor profiling", Appl.Opt.28,840-851(1989)